

Method and device for determining the rotational speed of a DC commutator motor

Patent number: DE19915877

Publication date: 2000-11-23

Inventor: OECHSNER NORBERT PAUL (DE); BASS
WOLFGANG (DE)

Applicant: HKR CLIMATEC GMBH (DE)

Classification:

- international: **G01P3/48; G01P3/42; (IPC1-7): G01P3/48; G01B7/30; H02P7/06**

- european: G01P3/48

Application number: DE19991015877 19990408

Priority number(s): DE19991015877 19990408

Also published as:

EP1043589 (A1)
EP1043589 (B1)

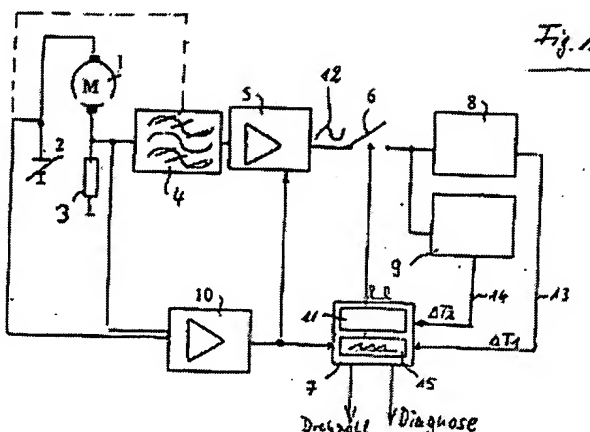


Report a data error here

Abstract not available for DE19915877

Abstract of corresponding document: **EP1043589**

The method involves evaluating signal fluctuations emanating from the motor (1) at defined time intervals to determine the revolution rate. The timing defined by an oscillator is phase synchronized with a fluctuating electrical signal (12) with the frequency of the motor collector and/or peripheral frequency and the synchronized frequency of the timing is used for the revolution rate measurement. An independent claim is also included for an arrangement for measuring revolution rate of d.c. commutator motor.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 15 877 A 1**

51 Int. Cl. 7:
G 01 P 3/48
G 01 B 7/30
H 02 P 7/06

21 Aktenzeichen: 199 15 877.0
22 Anmeldetag: 8. 4. 1999
43 Offenlegungstag: 23. 11. 2000

DE 199 15 877 A 1

71 Anmelder:
HKR climatec GmbH, 74653 Künzelsau, DE

74 Vertreter:
Nöth, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 80335 München

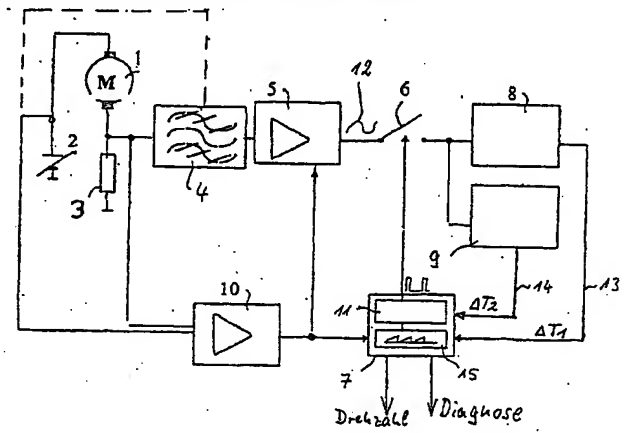
72 Erfinder:
Oechsner, Norbert Paul, Dipl.-Ing. (FH), 74747
Ravenstein, DE; Bass, Wolfgang, Dipl.-Ing. (FH),
74626 Bretzfeld, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Drehzahl eines Gleichstrom-Kommutatormotors

57 Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung der Drehzahl eines Gleichstrom-Kommutatormotors 1, bei dem die Schwankungen im Motorstrom ausgewertet werden, wobei durch Filtern ein elektrisches Schwankungssignal, insbesondere Stromschwankungssignal 12 gebildet wird, das phasenmäßig erfaßt wird und mit Zeitvorgaben einer Zeitsteuerungseinrichtung 7 verglichen wird, wobei die Zeitvorgaben der Zeitsteuerungseinrichtung 7 phasengenau zum Schwankungssignal synchronisiert werden und aus den synchronisierten Zeitvorgaben die Drehzahl bestimmt wird.



DE 199 15 877 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 13 zur Messung der Drehzahl eines Gleichstrom-Kommutatormotors, wobei vom Motor verursachte elektrische Signalschwankungen ausgewertet werden.

Stand der Technik

In herkömmlicher Weise werden für die Drehzahlerfassung bei Gleichstrommotoren zusätzliche Geber am Motor eingesetzt. Dies bedeutet mechanischen Aufwand, zusätzliche Leitungen und einen größeren Raumbedarf. Bekannt ist ferner, die Schwankungen im Motorstrom auszuwerten (DE 16 73 364). Dabei werden die durch den Stromwechsel von einer Kollektorlamelle zur nächsten Lamelle verursachten Stromschwankungen, gegebenenfalls nach Verstärkung, einer Impulsformerstufe zugeführt, an deren Ausgang ein Meßgerät zur Anzeige der Drehzahl angeschlossen ist. Aus der DD 254 254 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Drehzahl durch spannungsgesteuerte Filter ausgewertet wird. Bei den bekannten Verfahren und Vorrichtungen ist es erforderlich, die Komponenten der Drehzahlmeßeinrichtung an die jeweiligen Motore, an denen die Drehzahlmessung durchzuführen ist, anzupassen, um Toleranzunterschiede auszugleichen. Ferner ergeben sich nach längerer Betriebsdauer Änderungen am Motor, beispielsweise in den Lagern, und andere verschleißbedingte Änderungen, welche die Drehzahlmessung beeinflussen.

Aus der DE 197 29 238 C1 ist es bekannt, zur Ermittlung der Drehzahl eines Gleichstrommotors, parallel zur Erfassung der Welligkeit (Ripple) des Motorstroms, aus einem Motorzustandsmodell, dem die elektromechanischen Motorgleichungen zugrundeliegen, aus Motorstrom und Motorspannung einen zulässigen Soll-Zeitbereich zu bestimmen und die Zeitpunkte der Kommutierung nur dann bei der Auswertung zu berücksichtigen, wenn diese in diesem Soll-Zeitbereich liegen und falls innerhalb dieses Soll-Zeitbereichs keine Welligkeit einer Kommutierung zugeordnet werden kann, einen wahrscheinlichen Kommutierungszeitpunkt aus dem Motorzustandsmodell zu extrapolieren.

Aufgabe der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche bei beliebigen Typen von Gleichstrom-Kommutatormotoren einsetzbar ist und über eine lange Betriebsdauer hin eine genaue Drehzahlbestimmung gewährleisten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß beim Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruches 1 und bei der Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruches 13 gelöst. In den Unteransprüchen sind Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

In bevorzugter Weise werden vor der Auswertung aus dem vom Motor abgeleiteten Eingangsschwankungssignal z. B. des Motorstroms oder der am Motor abgenommenen Spannung hochfrequente Anteile und gegebenenfalls Gleichstromanteile entfernt.

Ferner können die Amplituden des elektrischen Schwankungssignals, insbesondere des Stromschwankungssignals auf ein konstantes Maximum geregelt und die Phasenlagen des so geregelten Signals in aufeinanderfolgenden Zeitvorgaben erfaßt werden. In Abhängigkeit von dieser Phasenerfassung werden die von einem Oszillator bestimmten Zeitvorgaben phasengenau synchronisiert, wobei aus der Fre-

quenz der synchronisierten Zeitvorgaben die Drehzahl bestimmt wird. Hierzu werden während der Zeitvorgaben immer bestimmte Bereiche des elektrischen Schwankungssignals, z. B. Maximum, bestimmter Bereich der Anstiegsflanke oder der Abstiegsflanke und in bevorzugter Weise der jeweilige Nulldurchgang des Signals phasenmäßig erfaßt. Es können während einer Ankerumdrehung sich ergebende Signale, insbesondere ein aus den Kommutatorwechseln sich ergebendes Signal phasenmäßig, insbesondere im Hinblick auf die Nulldurchgänge, d. h. die Kommutatorwechsel phasenmäßig erfaßt werden und für die Synchronisation der Zeitvorgaben und insbesondere der die Zeitvorgaben bestimmenden Frequenz des Oszillators ausgenutzt werden. Die Synchronisation kann durch Auswertung der jeweiligen Kommutatorwechsel oder auch nach der Umfangsfrequenz, die sich aus der Motordrehung ergibt, durchgeführt werden.

Die Zeitpunkte bzw. Zeitvorgaben, zu denen die Phasenerfassung erfolgt, kann in Abhängigkeit von aus der Motorspannung und dem Motorstrom gewonnenen Motorsignalen, z. B. insbesondere der Motor-EMK, grob bzw. ungefähr (ca. 15% Drehzahlabweichung) bestimmt werden. Durch die Erfindung ist somit gewährleistet, daß die Frequenz der Zeitvorgaben auf Schwankungen des Motorstroms und/oder der am Motor abgenommenen Spannung synchronisiert ist. Die Genauigkeit der hieraus abgeleiteten Drehzahlbestimmung wird daher von Toleranzen im Motoraufbau, insbesondere im mechanischen Aufbau und durch Änderungen, die sich in diesem Aufbau ergeben, wenig beeinflusst.

Aus der Phasenerfassung bei der Auswertung der Amplituden des elektrischen Schwankungssignals, insbesondere Stromschwankungssignals kann ferner eine Motordiagnose abgeleitet werden. Wenn ein klares Erkennen der Kommutatorwechsel nicht mehr ohne weiteres möglich ist, ist dies beispielsweise ein Anzeichen für Verschleiß mechanischer Konstruktionselemente des Motors oder eine Verunreinigung der Kommutatorzwischenräume. Für die Drehzahlermittlung werden in diesem Fall in bevorzugter Weise die der Umfangsfrequenz proportionalen Signale zur Synchronisation der Zeitvorgaben und damit der Ableitung der Drehzahl verwendet.

Beispiele

Anhand der Figuren wird an einem Ausführungsbeispiel die Erfindung noch näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels der Erfindung; und

Fig. 2 Darstellungen zur Erläuterung des Betriebs des Ausführungsbeispiels.

Im Ausführungsbeispiel wird ein Gleichstrom-Kommutatormotor 1 durch eine Spannungsquelle 2 (Gleichspannungsquelle) gespeist. Der Motorstrom kann z. B. durch einen Shunt 3 oder auch über eine Impedanz, wie es z. B. aus der DE-OS 23 10 739 bekannt ist, erfaßt werden. Ferner kann an einer Eingangsklemme des Motors, wie es strichliert dargestellt ist und aus der DE 32 34 683 A1 bekannt ist, eine Spannung, welche durch die Kommutierung entstandene Spitzen enthält, abgenommen werden. Das erfaßte Signal enthält die Ungenauigkeiten und Unregelmäßigkeiten, welche durch die Motoreigenschaften bedingt sind. Dieses Signal wird als Eingangssignal für die Drehzahlbestimmung verwendet. Das Eingangssignal kann vor der Auswertung in einer ein Bandpaßfilter und/oder Kondensator aufweisenden Aufbereitungsschaltung 4 gegebenenfalls von höherfrequenten Störungen und vom Gleichstromanteil befreit werden. In einem Verstärker 5 kann das aufbereitete Signal, insbesondere Stromschwankungssignal verstärkt und die Am-

plitude auf ein konstantes Maximum geregelt. Der Verstärker Ausgang liefert ein entsprechendes elektrisches Schwingungssignal, insbesondere Stromschwingungssignal 12. Dieses aufbereitete und gegebenenfalls von Störungen und dem Gleichstromanteil befreite elektrische Schwingungssignal 12 (Fig. 2) wird mit bestimmten Zeitvorgaben über einen von einer Zeitsteuereinrichtung 7 gesteuerten Schalter 6 an eine Auswerteeinrichtung weitergeleitet, welche beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 eine Phasenanalyse durchführt, wie im einzelnen noch erläutert wird.

Die Zeitvorgaben bzw. Zeitpunkte, in denen die Zeitsteuereinrichtung 7 den Schalter 6 zum Abtasten des Schwingungssignales für die Phasenanalyse ansteuert, werden grob aus der abgenommenen Motorspannung und dem erfaßten Motorstrom in einer Vorgabeschaltung 10 vorgegeben. Durch die Vorgabeschaltung 10 kann auch die Anstiegsgeschwindigkeit des Verstärkers 5 begrenzt werden, um eine frequenzproportionale Ausstiegsgeschwindigkeit des Schwingungssignals 12 zu erhalten. Hierdurch wird eine lineare Phasenmessung beim Auswerten der Amplituden insbesondere des Stromschwingungssignals möglich. Dieses Signal wird zu den vorgegebenen Zeitpunkten (Zeitvorgaben) bevorzugt im Hinblick auf die aus den Kommutatorwechseln resultierenden Schwankungen ausgewertet. Hierzu wird der Schalter 6 von der Zeitsteuereinrichtung 7 entsprechend angesteuert. Die Zeitsteuereinrichtung 7 enthält einen Oszillator 15, dessen Frequenz von Motorsignalen, wie Motorstrom, Motorspannung oder Motor-EMK grob vorbestimmt wird. Diese Frequenz entspricht mit Abweichung von ca. 15% der Motordrehzahl. Ferner beinhaltet die Zeitsteuereinrichtung 7 eine Ausgangsstufe 11, welche in Abhängigkeit von der Oszillatorfrequenz zu den bestimmten Zeitpunkten (Zeitvorgaben) Impulse (Zeitablauf in der Fig. 2) liefert.

Dieser Zeitablauf wird phasenmäßig in Bezug gesetzt zum Schwingungssignal, welches die Kollektorfrequenz und/oder die Umfangsfrequenz des Motors enthalten kann.

Aus der Auswertung ergibt sich ein Stellsignal, welches zur Regelung der Zeitvorgaben, mit welcher die Zeitsteuereinrichtung 7 den Schalter 6 ansteuert, dient. Die Auswerteeinrichtung des Ausführungsbeispiels der Fig. 1 bildet einen Regelkreis, durch welchen die Ablaufzeit bzw. die Zeitvorgaben der Zeitsteuerschaltung 7 auf das elektrische Schwingungssignal 12 phasengenau synchronisiert wird. Diese angepasste bzw. synchronisierte Frequenz ist das Maß für die Bestimmung der Drehzahl des Motors 1.

In der Fig. 2 ist eine Darstellung des elektrischen Schwingungssignals gezeigt. Dieses kann die Kollektorfrequenz und/oder die Umfangsfrequenz des Motors enthalten. Jenachdem, welche dieser beiden Frequenzen bei der Phasenanalyse zugrundegelegt werden, ergibt sich ein entsprechendes Stellsignal ΔT , welches stellvertretend für ein Stellsignal ΔT_1 bei der Kollektorfrequenz und/oder ΔT_2 bei der Umfangsfrequenz ist.

Beim in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt in einer Auswerteeinrichtung, welche eine Phasenanalyseeinrichtung 8 für die Auswertung des auf der Kollektorfrequenz basierenden Schwingungssignals und eine Phasenanalyseeinrichtung 9 für die Auswertung des auf der Umfangsfrequenz beruhenden Schwingungssignals aufweist, ein Vergleich der Phasenlage des Schwingungssignals 12 mit den Zeitpunkten (Zeitvorgaben) des Zeitablaufs der Zeitsteuerschaltung 7 (Fig. 2). Das Schwingungssignal beinhaltet die Kollektorfrequenz und/oder die Umfangsfrequenz des Motors und der Kurvenverlauf dieses Signals ergibt sich aus den Kommutatorwechseln des Gleichstrommotors 1. In bevorzugter Weise werden die Nulldurchgänge dieses Signals mit den Zeitpunkten der Zeitvorgaben

verglichen. Wenn eine Phasendifferenz zwischen einem erfaßten Nulldurchgang und einem entsprechenden Impuls der Zeitvorgabe vorhanden ist, wie es in Fig. 2 dargestellt ist, erzeugt die Auswerteeinrichtung (Phasenanalyseeinrichtung 8 und/oder Phasenanalyseeinrichtung 9) aufgrund dieses Vergleichs das Stellsignal ΔT , welches die Frequenz der Zeitvorgaben entsprechend ändert, wie es in der Fig. 2 dargestellt ist. Diese Regelung der Frequenz der von der Zeitsteuereinrichtung 7 gelieferten Impulse wird phasengenau mit den Nulldurchgängen des Schwingungssignals, welches die Kollektorfrequenz und/oder die Umfangsfrequenz wiedergibt, synchronisiert. Bei Elektromotoren, die wenig Verschleißerscheinungen aufweisen, kann das auf der Kollektorfrequenz beruhende Schwingungssignal bei der Phasenanalyse in der Phasenanalyseeinrichtung 8 ausgewertet werden. Für die Synchronisation der Zeitvorgaben, bzw. des Zeitablaufs der Zeitsteuereinrichtung 7 wird über eine Leitung 13 das Stellsignal ΔT_1 geliefert. Dieses beeinflusst in bevorzugter Weise die Frequenz des Oszillators 15, wodurch dann eine zeitliche bzw. phasenmäßige Verschiebung der nachfolgenden Impulse des Zeitverlaufs d. h. der Zeitvorgaben bewirkt wird, wie es in der Fig. 2 dargestellt ist.

Wenn bei Elektromotoren, die schon länger in Betrieb sind, aufgrund von Verschleißerscheinungen an den Kollektoren und/oder Bürsten, eine exakte Positionsbestimmung bzw. Phasenbestimmung der Nulldurchgänge, d. h. der Kommutatorwechsel nicht mehr möglich ist, können in der zweiten Phasenanalyseeinrichtung 9, die auf den Ankerumfang bezogenen Schwankungen als Integral pro Motorumdrehung, z. B. die Summe der Kommutatorwechsel pro Motorumdrehung, erfaßt werden. Wenn bei der Erfassung der Umfangsfrequenz eine Phasendifferenz zu den entsprechenden Zeitvorgaben bzw. der Ablaufzeit der Zeitsteuereinrichtung 7 sich ergibt, wird das Stellsignal ΔT_2 erzeugt, mit welchem die Frequenz der Zeitvorgaben so geregelt wird, daß eine phasengenaue Synchronisation zur Umlauffrequenz hergestellt wird. Die Auswertung mittels der zweiten Phasenanalyseeinrichtung 9 (Auswertung der Umfangsfrequenz) kann auch jederzeit anstelle oder zusammen mit der Auswertung der Kollektorfrequenz in der ersten Phasenanalyseeinrichtung 8 erfolgen.

Die dabei synchronisierte Frequenz ist ein Maß für die tatsächliche Drehzahl des Gleichstrommotors 1.

Ferner kann aus den Stellsignalen ΔT_1 und ΔT_2 eine Aussage über den Verschleiß von mechanischen Bauteilen des Gleichstrommotors gewonnen werden. Die bei der Auswertung des Schwingungssignals 12 gewonnenen Stellsignale ΔT_1 und ΔT_2 beinhalten eine Aussage über die Güte des Gleichstrommotors, insbesondere im Bereich seines Kollektors. Dies kann man zur Diagnose der Motorqualität verwenden.

Die Meßvorrichtung kann in Hardware oder durch Software verwirklicht werden.

Die gemessene Drehzahl kann für die verschiedensten Zwecke verwendet werden, beispielsweise als Ist-Wert bei der Motorsteuerung, insbesondere im Zusammenhang mit dem Vermeiden von unerwünschten Motordrehzahlen, die sich dann ergeben können, wenn der Motor ein schwingungsfähiges System beeinflusst. Aufgrund der exakt ermittelten Drehzahl können unerwünschte Resonanzen, die sich bei bestimmten Drehzahlen einstellen, im schwingungsfähigen System vermieden werden. Erreicht wird dies durch eine entsprechende, die Resonanzdrehzahlen ausblendende Motorsteuerung oder -regelung in Abhängigkeit von den ermittelten Motordrehzahlen.

Bezugszeichenliste

- 1 Gleichstrom-Kommutatormotor
- 2 Gleichspannungsquelle
- 3 Shunt
- 4 Bandpaßfilter
- 5 Verstärker
- 6 Schalter
- 7 Zeitsteuereinrichtung
- 8 erste Phasenanalyseeinrichtung
- 9 zweite Phasenanalyseeinrichtung
- 10 Vorgabeschaltung
- 11 Ausgangsstufe
- 12 Elektrisches Schwankungssignal
- 13 Leitung für Stellsignal ΔT_1
- 14 Leitung für Stellsignal ΔT_2
- 15 Oszillator

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Drehzahl eines Gleichstrom-Kommutatormotors, bei dem vom Motor verursachte elektrische Signalschwankungen in bestimmten Zeitvorgaben für eine Drehzahlbestimmung ausgewertet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die von einem Oszillator bestimmten Zeitvorgaben mit einem die Kollektorfrequenz und/oder die Umfangsfrequenz des Motors aufweisenden elektrischen Schwankungssignal phasenmäßig synchronisiert wird und die synchronisierte Frequenz der Zeitvorgaben für die Drehzahlbestimmung verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Phasenunterschied zwischen den vom Oszillator bestimmten Zeitvorgaben und dem elektrischen Schwankungssignal ein Stellsignal zur Phasenregelung des Oszillators gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitvorgaben mit den aus dem elektrischen Schwankungssignal sich ergebenden Kommutatorwechseln synchronisiert werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ankerumfang phasenmäßig erfaßt wird und die Zeitvorgaben nach der Umfangsfrequenz der Motordrehung synchronisiert werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ankerumfang als Summe der Kommutatorwechsel erfaßt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Oszillator bestimmten Zeitvorgaben durch ein oder mehrere Motorsignale, insbesondere Kollektorlamellenzahl und/oder Polpaarzahl des Motors bestimmt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplituden des elektrischen Schwankungssignals auf ein konstantes Maximum geregelt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Anstiegsgeschwindigkeit der Amplitude des elektrischen Schwankungssignals bei der Verstärkung des Signals begrenzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillatorfrequenz mit dem Schwankungssignal phasenmäßig synchronisiert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als elektrisches Schwan-

kungssignal ein vom Motorstrom abgeleitetes Stromschwankungssignal verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellsignal und/oder das bei der Phasenerfassung des elektrischen Schwankungssignals gewonnene Signal für eine Motordiagnose verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von der ermittelten Drehzahl der Gleichstrommotor so gesteuert wird, daß bestimmte Drehzahlen, insbesondere Resonanzdrehzahlen eines vom Motor beeinflussten Systems ausgeblendet werden.

13. Vorrichtung zum Messen der Drehzahl eines Gleichstrom-Kommutatormotors, mit einer Aufbereitungseinrichtung zur Bildung eines elektrischen Schwankungssignals aus vom Motor verursachten elektrischen Signalschwankungen, einer Zeitsteuereinrichtung, welche in Abhängigkeit von Motorparametern und/oder Motorsignalen Zeitvorgaben für einen Vergleich mit dem elektrischen Schwankungssignal liefert, und einer Auswerteeinrichtung, welche aus dem elektrischen Schwankungssignal und den Zeitvorgaben die Drehzahl des Motors ermittelt, dadurch gekennzeichnet, daß ein Phasenregelkreis (8, 9, 13, 14, 7, 6) die Phasenlage des Schwankungssignals (12) erfaßt und die Zeitvorgaben der Zeitsteuereinrichtung (7) phasengenau mit dem Schwankungssignal synchronisiert, wobei aus der Frequenz der synchronisierten Zeitvorgaben ein drehzahlproportionales Signal gebildet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein vom Regelkreis (8, 9, 13, 14, 7, 6) für die Synchronisation der Zeitvorgaben der Zeitsteuereinrichtung (7) geliefertes Stellsignal aus einer bei der Phasenerfassung ermittelten Phasendifferenz gebildet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellsignal aus der Differenz der beiden Integrale der während zweier aufeinander folgender Motorumdrehungen ermittelten Phasendifferenzen gebildet ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Kommutatorwechseln und den Zeitpunkten der von der Zeitsteuereinrichtung (7) gelieferten Zeitvorgaben das Stellsignal des Regelkreises (8, 9, 13, 14, 7, 6) gebildet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß ein Oszillator (15) welcher die Zeitvorgaben der Zeitsteuereinrichtung (7) bestimmt durch das Stellsignal des Regelkreises (8, 9, 13, 14, 7, 6) geregelt ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Schwankungssignal ein vom Motorstrom abgeleitetes Stromschwankungssignal ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Schwankungssignal aus einer am Motor abgenommenen elektrischen Spannungsschwankung gebildet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

